

DIALOG(R)File 352:Derwent WPI

(c) 2003 Thomson Derwent. All rts. reserv.

012532621 **Image available**

WPI Acc No: 1999-338727/199929

XRPX Acc No: N99-253900

Laser device for shaping cornea

Patent Assignee: RODENSTOCK INSTR GMBH G (RODN)

Inventor: RUSS D; STEINER R

Number of Countries: 020 Number of Patents: 002

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
DE 19753344	A1	19990610	DE 1053344	A	19971202	199929 B
WO 9928077	A2	19990610	WO 98DE3509	A	19981127	199930

Priority Applications (No Type Date): DE 1053344 A 19971202

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
-----------	------	-----	----	----------	--------------

DE 19753344	A1			9 G02B-027/09	
-------------	----	--	--	---------------	--

WO 9928077	A2	G		B23K-026/06	
------------	----	---	--	-------------	--

Designated States (National): JP US

Designated States (Regional): AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LU

MC NL PT SE

Abstract (Basic): DE 19753344 A1

NOVELTY - Light from a laser beam, e.g. from an Er:YAG laser, is homogenized using at least one homogenizing element with a number of facet concave mirrors, each of which distributes the incident light approximately evenly onto beam section areas at a certain distance from the homogenizing element.

USE - For illuminating or treating the cornea to correct eyesight defects.

ADVANTAGE - A highly homogenous energy can be produced even from lasers with azimuthal intensity variations, such as a multimode Er:YAG laser.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a facet concave mirror for deflecting the beam.

laser source (1)

facet concave mirror (2)

central beam (3)

focal plane (4)

pp; 9 DwgNo 1/4

Title Terms: LASER; DEVICE; SHAPE; CORNEA

Derwent Class: P81; S05; V08

International Patent Class (Main): B23K-026/06; G02B-027/09

International Patent Class (Additional): A61F-009/013

File Segment: EPI; EngPI

EP 20674 ②



①9 **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenl gungsschrift**
⑩ **DE 197 53 344 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
G 02 B 27/09
// A61F 9/007

⑦1 Aktenzeichen: 197 53 344.2
⑦2 Anmeldetag: 2. 12. 97
④3 Offenlegungstag: 10. 6. 99

DE 197 53 344 A 1

⑦1 Anmelder:
G. Rodenstock Instrumente GmbH, 85521
Ottobrunn, DE

⑦4 Vertreter:
München . Rösler Anwaltskanzlei, 80689 München

⑦2 Erfinder:
Steiner, Rudolf, Dr., 89081 Ulm, DE; Russ, Detlef,
Dipl.-Phys., 71272 Renningen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 **Vorrichtung zur Homogenisierung eines Licht- oder Laserstrahls**

⑤7 Beschrieben wird eine Vorrichtung zur Beleuchtung und/oder zur Bearbeitung einer Fläche und insbesondere zur Formung der Cornea mittels Licht, mit
- wenigstens einer Lichtquelle, die einen Licht- und insbesondere einem Laserstrahl emittiert, und
- einem optischen System, das den Licht- bzw. Laserstrahl auf die zu beleuchtende bzw. zu bearbeitende Fläche führt und das eine Einrichtung zur Strahlhomogenisierung aufweist.

Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß die Einrichtung zur Strahlhomogenisierung wenigstens ein Homogenisier-Element mit einer Vielzahl von Facettenelementen aufweist, von denen jedes das auf dieses Facettenelement auftreffende Licht in etwa gleichmäßig auf zumindest eine Strahlquerschnittsfläche mit einem bestimmten Abstand vom Homogenisier-Element verteilt.

Hierdurch wird unabhängig von der zeitlichen oder räumlichen Intensitätsverteilung oder der Divergenz oder der Modenstruktur eines Laserstrahls und unabhängig von etwaigen Justierfehlern über den Strahlquerschnitt eine Intensitätshomogenisierung besonderer Güte erzielt.

DE 197 53 344 A 1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Beleuchtung und/oder zur Bearbeitung einer Fläche und insbesondere zur Formung der Cornea mittels Licht gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Derartige Vorrichtungen werden beispielsweise zur Materialbearbeitung, zur Beleuchtung und/oder zur Abbildung mit Hilfe eines Lichtstrahls und vorzugsweise eines Laserstrahls verwendet.

Ein bevorzugtes Anwendungsgebiet gattungsgemäßer Vorrichtungen ist die Hornhautabtragung bzw. Cornea-Formung zur Behebung von Fehlsichtigkeiten.

Ein in der Hornhautchirurgie bekanntes Verfahren zur Korrektur einer Fehlsichtigkeit besteht darin, mit Hilfe eines Laserstrahls die Oberfläche der Hornhaut flächig abzutragen. Bei dieser photorefraktometrischen Entfernung von Corneamaterial sind in der Vergangenheit bevorzugt Excimerlaser verwendet worden, die insbesondere Licht mit der Wellenlänge 193 nm emittieren.

Wegen einer möglicherweise cancerogenen und/oder mutagenen Wirkung solcher Uv-Strahlung ist vorgeschlagen worden, Laser zu verwenden, die Licht im Wellenlängenbereich von 3 µm emittieren.

Ein derartiger Laser ist ein Multimode Er:YAG-Laser. Diese Laser besitzen jedoch über ihren Strahlquerschnitt eine ausgeprägte Ringstruktur der Intensität. Ohne Homogenisierung dieser Ringstruktur wurde die Cornea ungleichmäßig abgetragen bzw. ablatiert.

Es ist deshalb erforderlich, um eine flächig gleichmäßige Abtragung zu erhalten, den Laserstrahl über seine Querschnittsfläche zu homogenisieren.

Laser mit geringer Divergenz (einige mrad) lassen sich gut homogenisieren, jedoch werden häufig höhere Pulsenergien in der Größenordnung von 2 J benötigt, die sich nur mit Laserstäben größeren Querschnitts (5 mm) und entsprechend höherer Pulsenergie erreichen lassen. Dadurch wird die Divergenz des Laserstrahls auf zweierlei Weise nachteilig verstärkt und somit eine Homogenisierung erschwert: Wegen des größeren Stabquerschnitts schwingen bei gleicher Stablänge höhere Transversalmoden an, die eine stärkere Divergenz besitzen; außerdem führt die höhere Pumpenergie zu einer stärkeren Ausprägung einer thermischen Linse im Laserstab während des Pulses, die ebenfalls die Divergenz des Strahls erhöht.

Nachteilig ist weiterhin, daß die Qualität und die Konstanz der Homogenisierung stark von der Justierung, von der Modenstruktur und von der Pumpenergie abhängen mit entsprechend nachteiligen Folgen für die Robustheit, Zuverlässigkeit und Wartungsfreundlichkeit herkömmlicher photorefraktometrischer Ablationsvorrichtungen im klinischen Einsatz.

Die DE 44 41 579 C1, von der bei der Formulierung des Oberbegriffs des Anspruchs 1 ausgegangen worden ist, beschreibt eine Vorrichtung zur Formung der Cornea mit wenigstens einer Lichtquelle, die einen Licht- und insbesondere einem Laserstrahl emittiert. Ein optisches System, das den Licht- bzw. Laserstrahl auf die zu beleuchtende bzw. zu bearbeitende Fläche führt, weist eine Einrichtung zur Strahlhomogenisierung auf.

Zur Homogenisierung wird der zur Ablation verwendete Laserstrahl fokussiert und passiert ein gegenüber dem Fokuspunkt axial geringfügig versetztes Beugungselement. Der Abstand des Beugungselements (eines Gitters oder einer Lochblende) kann so gewählt werden, daß dessen Beugungsmaxima mit dem Minima der Modenverteilung interferieren. Dies führt bei Pulsenergien von bis zu 1 J zu einer Homogenisierung des Strahls in einer Bildebene.

Bei höheren Pulsenergien – beispielsweise in der Größenordnung von 2 J – wird jedoch keine ausreichende Homogenität erreicht.

Zudem stößt die Homogenisierung durch Beugungselemente auf prinzipbedingte Grenzen. So ermöglicht der Einsatz einer Lochblende einen lediglich radialen Intensitätsausgleich, während azimutale Intensitätsschwankungen weiterhin zu einem entsprechend ungleichmäßigen Ablationsverhalten führen. Auch bei Einsatz eines Beugungsgitters bleibt die durch die Gittergeometrie bestimmte Homogenisierungswirkung hinter der erwünschten, nahezu vollständigen Intensitätsangleichung über den Strahlquerschnitt insbesondere dann zurück, wenn die Intensitätsschwankungen nicht radial, sondern statistisch verteilt sind.

Auch bei anderen Anwendungen stellt sich die Aufgabe, einen Lichtstrahl über seinen Querschnitt zu homogenisieren, insbesondere immer dann, wenn ein Material durch auftreffende elektromagnetische Strahlung bearbeitet wird, wenn ein Objekt über einen Bereich von der Größenordnung eines Strahldurchmessers gleichmäßig zu beleuchten ist, oder wenn für andere Zwecke, beispielsweise für eine optische Abbildung, ein zuvor homogenisierter Strahl benötigt wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Vorrichtung zur Beleuchtung und/oder zur Bearbeitung einer Fläche und insbesondere zur Formung der Cornea mittels Licht gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 derart weiterzubilden, daß auch bei azimutalen Intensitätsschwankungen, wie sie beispielsweise bei Multimode Er:YAG-Lasern mit höheren Strahlenergien auftreten, eine wirkungsvolle Homogenisierung erreicht wird, die insbesondere zur Cornea-Formung ausreichend ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die im Anspruch 1 gekennzeichneten Merkmale gelöst. Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Ansprüche 2 folgende.

Erfindungsgemäß weist die Einrichtung zur Strahlhomogenisierung wenigstens ein Homogenisierungselement mit einer Vielzahl von Facettenelementen auf, von denen jedes das auf dieses Facettenelement auftreffende Licht in etwa gleichmäßig auf zumindest eine Strahlquerschnittsfläche mit einem bestimmten Abstand vom Homogenisierungselement verteilt.

Grundgedanke dieser Erfindung ist die Idee, im Strahlengang des Licht- oder Laserstrahls eine Vielzahl dicht gepackter, im Verhältnis zum Strahldurchmesser kleiner Facettenelemente anzuordnen, die jeweils das auftreffende Licht im weiteren Strahlengang über dem gesamten Strahldurchmesser oder über eine andere definierte, für alle Facettenelemente einheitliche Querschnittsfläche zu verteilen. Im Falle eines auftreffenden inhomogenen Strahls wird die je nach Lage des einzelnen Facettenelements unterschiedlichen Energiedichte jeweils auf die gesamte Querschnittsfläche verteilt, wodurch eine statistische Durchmischung des Rohstrahls in zumindest in einem bestimmten Abstand zum Homogenisierungselement erzielt wird. In diesem Abstand, beispielsweise in der Fokalebene des optischen Elements, wird die Intensitätsverteilung durch eine Glockenkurve dargestellt.

Über die prinzipielle Homogenitätssteigerung hinaus hat die Erfindung den Vorteil, daß die erzielte Homogenisierung ohne zusätzliche Anforderungen an den Laser oder dessen Strahlprofil erreicht wird. Dies eröffnet für Laserquellen beliebiger zeitlicher und/oder räumlicher Intensitätsverteilung und beliebiger Divergenz neue Einsatzmöglichkeiten.

Durch die Erfindung wird damit unabhängig von der zeitlichen oder räumlichen Intensitätsverteilung oder der Divergenz oder der Modenstruktur eines Laserstrahls und unab-

hängig von etwaigen Justierfehlern über den Strahlquerschnitt eine Intensitätshomogenisierung besonderer Güte erzielt.

Eine bevorzugte Ausführungsform sieht vor, daß der Homogenisator insgesamt gekrümmt ist. Dadurch läßt sich eine zur Strahlführung ohnehin benötigte optische Fläche des optischen Systems als Homogenisier-Element gestalten, ohne daß zusätzliche Elemente in dem Strahlengang eingebaut werden müssen.

Eine weitere Ausführungsform sieht vor, daß der Homogenisator ein Spiegel, insbesondere ein Hohlspiegel ist. Durch einen derartigen Facettenspiegel kann die auftretende Strahlung rückgestreut werden oder um beispielsweise 10° bis 90° oder um jeden anderen Winkel umgelenkt werden, wobei dann die erfindungsgemäß gleichmäßig beleuchtete Fläche im Strahlengang hinter dem Facettenspiegel liegt.

Eine weitere Ausführungsform sieht vor, daß das Homogenisier-Element ein transmittierendes Element, wie beispielsweise eine Linse ist. Die dementsprechende Facettenlinse oder sonstige erfindungsgemäße Transmissionsoptik bewirkt die Durchmischung des Strahls in einem gewissen Abstand hinter der Linse, ohne daß eine besondere Strahlumlenkung erforderlich ist.

Eine weitere Ausführungsform sieht vor, daß die Facettenelemente konkave und/oder konvexe Verformungen optischer Flächen wie etwa Vertiefungen und/oder Erhebungen sind. Im Falle einer ebenen optischen Fläche ebenso wie im Falle eines Facettenspiegels oder einer Facettenlinse, d. h. unabhängig von einer eventuellen Krümmung des Homogenisators insgesamt ist dessen Oberfläche mit einer Vielzahl von Facettenelementen versehen, in deren Bereich die Oberfläche von ihrem Gesamtverlauf abweichend gestaltet ist. Im einfachsten Fall ist die Oberfläche des Homogenisier-Elements dicht mit einer Vielzahl von Einbeulungen oder Wölbungen besetzt.

Solche Vertiefungen oder Erhebungen können beispielsweise wabenförmig oder auch in anderer Weise angeordnet sein. Grundsätzlich ist jedoch die Anordnung ebenso wie die Form der Facettenelemente bzw. ihrer Umrandung beliebig. Jedes einzelne Facettenelement verteilt aufgrund seiner speziellen Oberflächengestaltung auftreffendes Licht derart, daß es im weiteren Strahlengang aufgeweitet und in einem bestimmten Abstand auf eine für alle Facettenelemente zumindest in etwa einheitliche Querschnittsfläche verteilt wird.

Eine weitere Ausführungsform sieht vor, daß die Facettenelemente sphärisch oder im wesentlichen sphärisch geformt sind. In diesem Fall ist die Oberfläche mit einer Vielzahl technisch einfach herstellbarer sphärischer Mikrohohlspiegel überzogen. Je nach Position des Facettenelementes auf der Oberfläche kann ein anderer Ausschnitt einer Kugeloberfläche oder ein von der sphärischen Gestalt abweichender Oberflächenverlauf gewählt werden, um von dieser Position aus die Strahlung auf die gemeinsame Querschnittsfläche zu richten und zu verteilen.

Eine weitere Ausführungsform sieht vor, daß die Tiefe bzw. Höhe der Facettenelemente auf die Wellenlänge abgestimmt und insbesondere größer als diese ist. Durch einen ausreichend großen Höhenunterschied der Facettenelemente über der Homogenisatoroberfläche wird sichergestellt, daß Strahlung aller Phasenlagen einschließlich der Maxima und Minima interferieren kann. Wird ein Laser verwendet, sind aufgrund der hohen Kohärenzlänge zwar in jedem Fall Beugungsmuster feststellbar, bei einer ausreichend großen Höhenveränderung durch die Facettenelemente und der so bewirkten Interferenz von Wellenzügen und ausreichend großer Gangunterschiede wird erreicht, daß die durch konstruk-

tive und destruktive Interferenzbereiche gebildeten Speckle-Muster verdichtet und daher praktisch nicht mehr auflösbar sind, so daß eine gleichmäßige Ablation sichergestellt ist.

Selbstverständlich ist es aber auch möglich, vollkommen anders ausgebildete Homogenisier-Elemente, wie beispielsweise holographische Elemente zu verwenden.

Dabei ist es selbstverständlich möglich, mehr als ein Homogenisier-Element einzusetzen. Die einzelnen Elemente müssen dabei nicht identisch ausgebildet sein. So ist es möglich, ein reflektierendes und ein transmittierendes Homogenisier-Element zu verwenden.

So kann die Homogenisierungswirkung beispielsweise durch aufeinanderfolgende Umlenkung des Strahls mit Hilfe zweier erfindungsgemäßer Facettenhohlspiegel verbessert werden. Ebenso ist es denkbar, zwei Homogenisier-Elemente zu verwenden, die mit im wesentlichen streifenförmigen, um 90° verdreht angeordneten Facettenelementen versehen sind, und deren Homogenisierungseffekte sich gegenseitig ergänzen. Die Anordnung zweier Homogenisier-Elemente ist insbesondere von Vorteil, um den durch das erste Homogenisier-Element elliptisch verformten Strahlquerschnitt durch das zweite Homogenisier-Element wieder auf einen kreissymmetrischen Querschnitt zu bringen.

Eine weitere Ausführungsform sieht vor, daß die Vorrichtung einen Er:YAG-Laser aufweist. Wenngleich sich die Erfindung grundsätzlich bei beliebigen Lasern und auch bei sonstigen Lichtquellen einsetzen läßt, so eignet sich die erfindungsgemäße Vorrichtung besonders, um den von Er:YAG-Lasern emittierten Infrarotstrahl von $3\text{ }\mu\text{m}$ für medizinische Anwendungen und insbesondere für die Hautchirurgie zu homogenisieren.

Die Erfindung wird nachstehend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung exemplarisch beschrieben, auf die im übrigen hinsichtlich der Offenbarung aller im Text nicht näher erläuterten erfindungsgemäßen Einzelheiten ausdrücklich verwiesen wird. Es zeigen als Prinzipskizze:

Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel eines den Strahl umlenkenden Facettenhohlspiegels,

Fig. 2 ein Ausführungsbeispiel eines den Strahl zurücklenkenden Facettenhohlspiegels,

Fig. 3 eine vergrößerte Detailansicht aus **Fig. 2** und

Fig. 4 ein Ausführungsbeispiel einer Anordnung zweier den Strahl umlenkender Facettenhohlspiegel.

Fig. 1 stellt die Funktionsweise eines erfindungsgemäßen, d. h. mit Mikrofacetten versehenen Hohlspiegels, der als Homogenisier-Element dient, anhand des Verlaufs zweier Randstrahlen und der optischen Achse schematisch dar. Von einer Laserquelle **1** ausgehend trifft der Strahl auf einen Facettenhohlspiegel **2** und wird von diesem um 90° umgelenkt. In einer gewissen Entfernung vom Hohlspiegel befindet sich eine Ebene **4**, die erfindungsgemäß ungeachtet etwaiger Intensitätsinhomogenitäten über den Strahlquerschnitt zwischen der Laserquelle und dem Hohlspiegel gleichmäßig beleuchtet wird.

Die zunächst mit geringer Divergenz auseinanderlaufenden Randstrahlen werden ebenso wie der Mittelpunktstrahl durch die Form des Hohlspiegels insgesamt um 90° umgelenkt, wie in der Figur erkennbar.

Der erfindungsgemäße Hohlspiegel weist eine Vielzahl von Facetten auf, die in **Fig. 1** andeutungsweise und klarer in **Fig. 3** als kleine Unregelmäßigkeiten in der Hohlspiegelfläche erkennbar sind. Dadurch entstehen von den Facetten am Auftreffpunkt der Randstrahlung auf den Hohlspiegel ausgehende Lichtkegel, deren seitliche Begrenzungen in **Fig. 1** im weiteren Strahlverlauf dargestellt sind. In gleicher Weise erzeugen die Facetten am Auftreffpunkt des Mittel-

punktstrahls auf den Spiegel und auch auf der gesamten beleuchteten Hohlspiegelfläche entsprechende Lichtkegel, die in Fig. 1 nicht näher dargestellt sind. All diese Lichtkegel passieren in einer Ebene 4, die sich in einem definierten Abstand zum Hohlspiegel, d. h. zum Auftreffpunkt des Mittelpunktstrahls 3 auf dem Hohlspiegel 2 befindet, in etwa dieselbe Querschnittsfläche.

Dadurch, daß die verschiedenen Lichtkegel unabhängig von ihrer individuellen Gewichtung bzw. Intensität den gesamten gemeinsamen Ausschnitt der Ebene 4 passieren, werden etwaige Inhomogenitäten der Strahlintensität nahezu vollständig ausgeglichen.

Fig. 2 zeigt ein Beispiel eines die auftreffende Strahlung zurücklenkenden erfindungsgemäßen Hohlspiegels und dazu exemplarisch den Verlauf der von fünf Facettenelementen zurückreflektierten Lichtkegel. Der Durchmesser der fünf ausgewählten Facettenelemente ist durch die Breite der auf sie auftreffenden Strahlabschnitte angedeutet. In einem auf der Mittelachse 3 dargestellten Abstand f von dem Hohlspiegel 2 befindet sich die Ebene optimaler Homogenität 4. In Fig. 2 ist zu erkennen, daß sich in dieser Ebene, genauer ein wenig rechts davon, oberhalb und unterhalb der optischen Achse 3 die Randstrahlen der fünf rückreflektierten Lichtkegel schneiden und folglich die Lichtkegel in etwa denselben Ausschnitt der Ebene 4 beleuchten.

Fig. 3 zeigt vergrößert einen Ausschnitt des erfindungsgemäßen Hohlspiegels 2, dessen Oberfläche durch eine Vielzahl von Facettenelementen bzw. Vertiefungen 5 strukturiert ist. Für zwei Facetten sind die Randstrahlen der auf sie auftreffenden Teilbündel sowie die jeweiligen rückreflektierten Randstrahlen, d. h. die Randstrahlen der von den Facetten ausgehenden Lichtkegel, dargestellt. Aufgrund der zusätzlichen Krümmung der hier konkav gestalteten Facetten wird der jeweils oben auf die Facette auftreffende Strahl nach unten zurückgelenkt, während der jeweils unten auf die Facette auftreffende Strahl in einem kleineren Winkel nach oben zurückgelenkt wird. Die Winkelablenkung der zurückreflektierten Strahlen ist durch die konkrete Form der Facetten und durch ihre Lage bzw. Entfernung von der optischen Achse bestimmt. Sämtliche oben auf eine Facette auftreffende und nach unten zurückreflektierte Strahlen begrenzen in der außerhalb der Fig. 3 liegenden Ebene 4 den gleichmäßig beleuchteten Flächenabschnitt zu einer Seite hin. In gleicher Weise vereinigen sich sämtliche unten auf eine Facette auftreffenden Strahlen am gegenüberliegenden Rand des Lichtbündels in der Ebene 4. Somit verteilt jede Facettenvertiefung auftreffendes Licht auf denselben Ausschnitt dieser Ebene 4.

Fig. 4 zeigt eine Vorrichtung mit zwei aufeinanderfolgend angeordneten erfindungsgemäßen Facettenhohlspiegeln, durch die eine zweifache Durchmischung des Laserstrahls über seinen Querschnitt und damit eine noch weitergehende Homogenisierung erzielt wird. Der Abstand zwischen den Spiegeln 2a und 2b entspricht näherungsweise dem halben Abstand der Ebene 4 vom Auftreffpunkt des Mittelpunktstrahls 3 auf den Hohlspiegel 2 in Fig. 1, so daß jedes am Spiegel 2a erzeugte Lichtbündel den gesamten Spiegel 2b ausleuchtet.

Die Facetten des Spiegels 2b verursachen ihrerseits wiederum entsprechende Lichtbündel. Während in Fig. 4 von den beiden Rändern des Hohlspiegels 2b befindlichen Facetten ausgehend nur jeweils ein Strahlenkegel abgebildet ist, erzeugt jede Facette des Spiegels 2b in Wirklichkeit eine Vielzahl von Lichtkegeln, deren mittlere Ausbreitungsrichtung durch die Position derjenigen Facette des Spiegels 2a bestimmt ist, von der aus das Licht auf die Facette des Spiegels 2b auftrifft. Durch die Vielzahl erzeugter Sekundärlichtkegel leuchtet jede Facette des Spiegels 2b denselben

einheitlichen Ausschnitt der Ebene 4b bester Homogenität aus, in der in an sich bekannter Weise weitere optische Elemente wie beispielsweise Doppellinsen gleicher Brechzahl, aber unterschiedlicher Absorption vorgesehen sein können, um eine zusätzliche radiale Intensitätsmodulation zu bewirken.

Wie insbesondere aus den Fig. 2 und 4 erkennbar ist, wird durch den erfindungsgemäßen Facettenträger außer der Strahlhomogenisierung auch eine Strahlaufweitung erreicht. In der Brennebene des Facettenträgers wie etwa des Hohlspiegels muß die durch die mikroskopischen Facettenspiegel erzeugte Strahlausweitung in der Größenordnung des gewählten Ablationsdurchmessers liegen. Bei einem typischen Hohlspiegel mit einem Durchmesser von 25 mm und einer Brennweite von 100 mm bedingt dies im Falle beispielsweise sphärischer Facetten einen Facettenkrümmungsradius von 5 mm. Um die Ausbildung grober Speckle-Muster durch Interferenz zu vermeiden, müssen die Erhebungen oder Vertiefungen der Facetten tief gegenüber der verwendeten Wellenlänge sein. Bei einer Wellenlänge von beispielsweise 3 μm und einer Facettentiefe von 50 μm ergeben sich beispielsweise Facettendurchmesser von 600 μm .

Ungeachtet dieser beispielhaften Angaben erstreckt sich der allgemeine Erfindungsgedanke auf sämtliche in den Patentansprüchen genannten und daraus ableitbaren Ausführungsformen und auf sämtliche Anwendungsgebiete, in denen sich die Homogenisierung eines elektromagnetischen Strahlenbündels erforderlich ist oder auch nur anbietet.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Beleuchtung und/oder zur Bearbeitung einer Fläche und insbesondere zur Formung der Cornea mittels Licht, mit

- wenigstens einer Lichtquelle, die einen Licht- und insbesondere einem Laserstrahl emittiert, und
- einem optischen System, das den Licht- bzw. Laserstrahl auf die zu beleuchtende bzw. zu bearbeitende Fläche führt und das eine Einrichtung zur Strahlhomogenisierung aufweist,

dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zur Strahlhomogenisierung wenigstens ein Homogenisierungselement mit einer Vielzahl von Facettenelementen aufweist, von denen jedes das auf dieses Facettenelement auftreffende Licht in etwa gleichmäßig auf zumindest eine Strahlquerschnittsfläche mit einem bestimmten Abstand vom Homogenisierungselement verteilt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Homogenisierungselement wenigstens eine gekrümmte Fläche aufweist, auf der Facettenelemente vorgesehen sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Homogenisierungselement einen Spiegel und insbesondere einen Hohlspiegel aufweist, auf dessen Spiegelfläche Facettenelemente vorgesehen sind.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Homogenisierungselement ein das Licht transmittierendes Element aufweist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Homogenisierungselement wenigstens eine Linse aufweist, bei der mindestens eine Linsenfläche Facettenelemente aufweist.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Facettenelemente konkave und/oder konvexe Verformungen optischer Flächen wie Vertiefungen und/oder Erhebungen sind.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Facettenelemente sphärisch ausgebildet sind.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Tiefe bzw. Höhe der Facettenelemente auf die Wellenlänge des auftreffenden Lichts abgestimmt sind. 5

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Tiefe bzw. Höhe der Facettenelemente größer als die Wellenlänge des Lichts ist. 10

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens zwei Homogenisier-Elemente vorgesehen sind.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung als Lichtquelle einen Er:YAG-Laser aufweist. 15

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

20

25

30

35

40

45

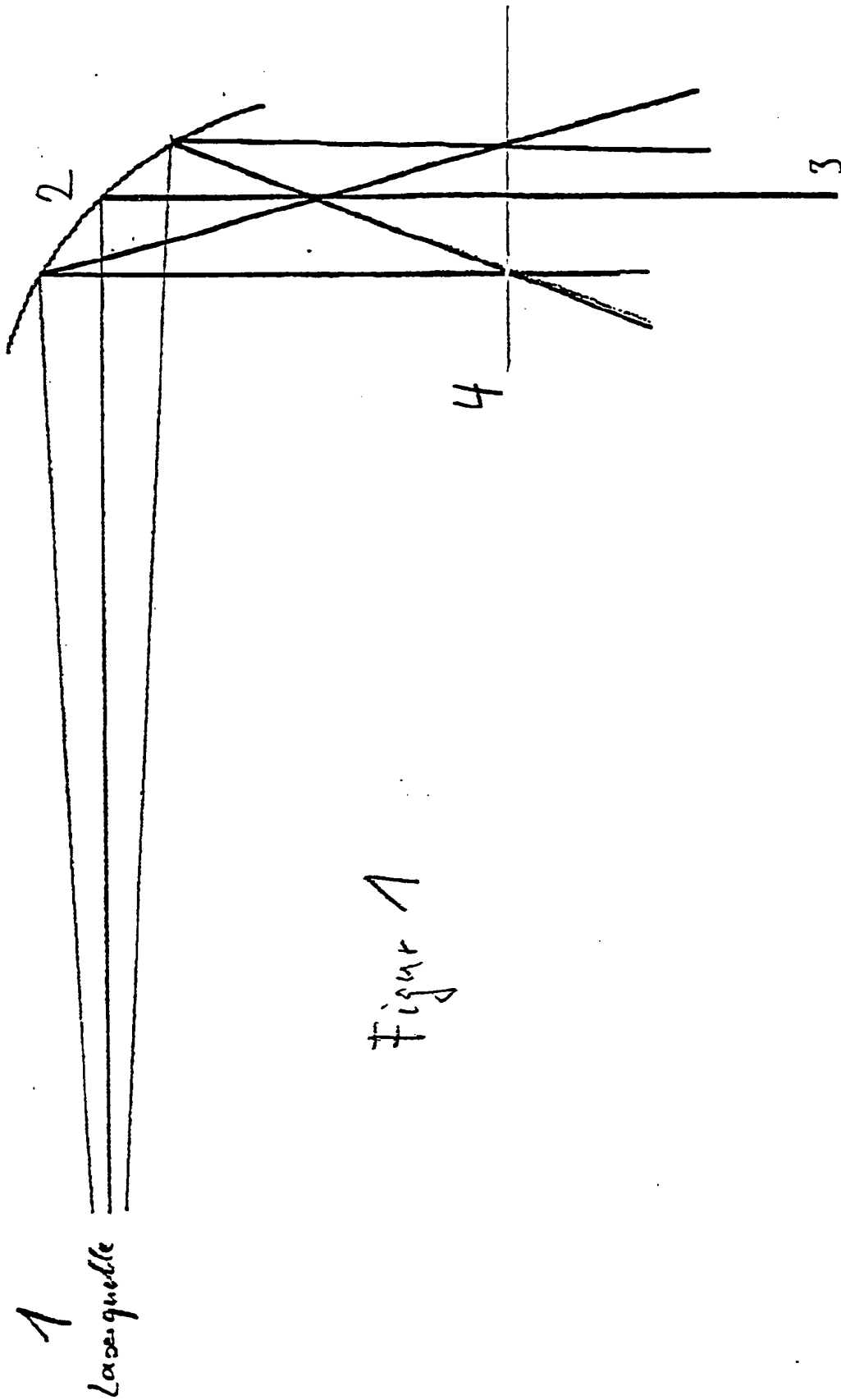
50

55

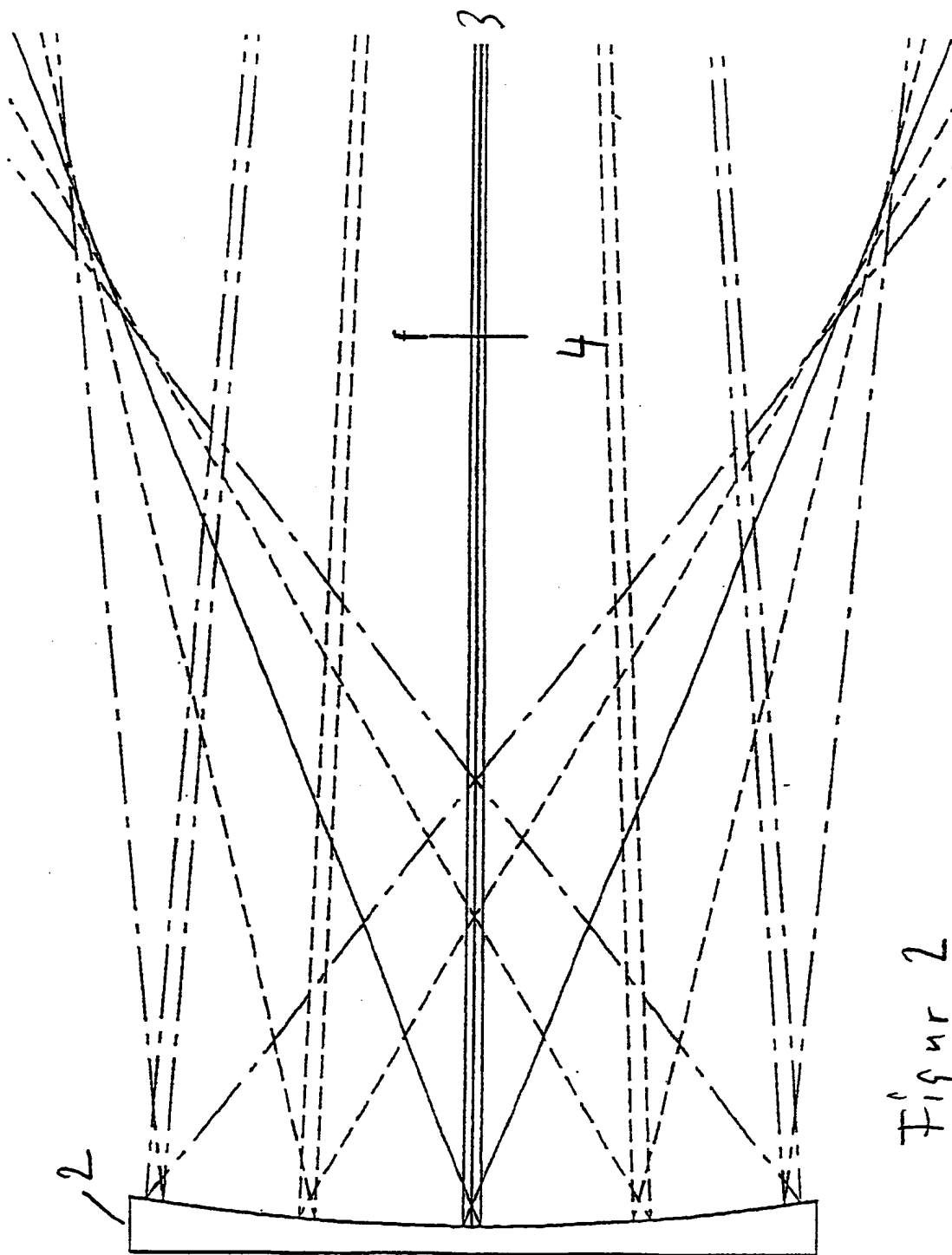
60

65

- Leerseite -



Figur 1



Figur 2

